設施園藝

沈再發
台灣省農業試驗所鳳山分所

前　言

設施園藝本爲温帶地區於冬季利用保温設施以達作物的正常生產或促成栽培爲目的。由於温帶地區於露地栽培期只限於夏季，生產期間短而產量低，嚴寒的冬季，非得利用設施無法生產。因此，利用温室葡萄的生產得以提早。番茄和胡瓜等也可於冬季得到生產。更由於其產品得到高價，誘使生產者之資本、勞力及技術的投入，帶動成了產業。尤其是設施資材的開發，栽培管理、環境管理之進步與經營管理等之改進，使原只爲少數貴族所生產，一變爲整體人民來生產。更由於栽培面積之擴大，使温室之構造規格化，內部之裝備的充實，以人爲的方式來控制自然的環境，就形成今日所謂之「設施園藝」。

本省位於亞熱帶地區，冬季雖然有寒冷，但並非温帶的嚴寒，在夏季卻爲高温，對於設施園藝之需求當就不如温帶地區之重要。然而爲何有設施園藝之發展？溯自本省的發展經過來看，民國40～50年間，瓜類爲提早4～5月間開始生產，以得到高價同時免受夏季的雨害或颱風害就得於冬季育苗，以簡易之育苗設施再以稻草爲防寒牆設施。到民國74年，春作洋香瓜隧道棚設施PE布覆蓋，具有保温、防雨、防蟲、早收成、提高品質等開發後，現已達每年約有1,500公頃面積，成爲一大生產方式。於民國47年台灣的洋菇生產，以竹爲脊幹以稻草爲覆蓋材料建造成小型洋菇舍，民國56～58年發展爲塑膠布爲覆蓋的較大型洋菇舍來防寒，提早並提高產量，使洋菇栽培面積於民國57年達1,250萬平方公尺，成爲世界第一洋菇外銷國家。於民國58～60年間，夏季蔬菜的生產，由於受到雨害和颱風害生產的不穩定，開始以網室防雨等設施生產。更爲防止連續的雨害發展成今日的隧道式防雨栽培。最近之以簡易塑膠温室設施，配合養液栽培面積已達20公頃，其生產葉菜類年達15～24作記錄，都是具創新的栽培模式。而玻璃室就是爲高級的蘭花生產，以往僅有極少數的花農或試驗機關所具有而已，而現在卻爲防寒兼防雨的較大規模企業，生產高品質蘭花的必要設施。其他如切花、盆花和種苗之生產也都以簡易之温室，來達到穩定和提高品質的目的，據估計約達700公頃以上。最近的豆苗生產由於設施省力化，穩定生產使成爲工廠式的生產模式，成爲世界各國所注目的，設施園藝之一。在果樹方面，木瓜每年約有250公頃之網室栽培以防蚜蟲，葡萄約有10公頃的塑膠温室促成栽培。綜上所述，本省的設施園藝，最重要的目的，不外乎爲提高品質、穩定生產、提早生產和省力化四項。

最近先進國家對於環境控制技術的開發與進步，配合作物之生長而成爲作物工廠和種苗工廠的出現，同時配合生物技術的發展與環境控制相互連結，成爲今後值得重視的課題，本省正朝此進行的時候，設施園藝更值加強。

設施園藝係利用設施，以改善園藝作物的生長條件，包括光照、溫度、水分、二氧化碳、氧、土壤等，其範圍相當大。本文以狹義的玻璃和塑膠溫室爲範圍，將其要點予以敘述。玻璃溫室或塑膠溫室都是爲保溫、防雨所作之覆蓋設施。玻璃溫室爲永久性設施，以周年栽培爲主，而塑膠溫室於必要時則覆蓋，不必要時則不覆蓋或拆除，是一種簡易的移動式設施。此類溫室在經營上至少有下列之特點：

1.設施園藝可使作物的生育條件(特別是溫度、日照條件)以人爲控制良好環境，達到促成或抑制栽培的目的。

2.由人爲控制而使某種作物的生育時期，能達到周年栽培生產。

3.由於土地的高度利用與自然條件的人爲控制，需要較精密技術、資本、與勞力的投入，成爲高集約的經營形態。

4.比露地栽培單位面積之產量高且穩定，或品質提高。因此，生產額增加，單位面積的價值亦增加。

玻璃溫室

指溫室之外部裝置玻璃，以達環境調節的植物栽培用建築物。

一、玻璃溫室型式

依溫室之橫斷面的形狀，可分爲下面幾種(圖一)

㈠等邊屋頂式(Even-span, Span roof)：

兩屋頂斜面長度相等，左右相對稱者，爲一般最常見的溫室型式。此型式之光線良好，需設有天窗和側窗，使室內通風良好和不發生溼度過高的現象。建築之方向，無論東西棟(屋脊東西向)或是南北棟(屋脊南北向者)皆可建造，但是以光量分佈之較均勻與颱風之受風面爲考慮，在台灣以南北棟建築爲宜。

㈡不等邊屋頂式(Three-quarter, Uneren span)：

兩屋頂斜面長度不相等。其中一斜面較長者在南面；另一較短斜面在北面。其南北二斜面長爲四比三，或依實際需要，而有不同之比例。此型式適合於冬季低溫而陽光少的地方。以東西棟建造，使南面受光量較多。爲使北側面溫室內之放熱量降低，可造較高之牆壁以保護。溫帶地區於寒冷季節栽培好高溫之瓜類專用此型溫室。

㈢單面屋脊式(Lean-to)：

以東西棟建築，單面屋頂向南面，在北側面通常不裝玻璃而做牆壁。由於此型式屋脊高受到限制，通常爲較小型溫室。於冬季時，南面屋頂之陽光入射較多，同時以北面之牆壁的反射熱和保溫來增加室內的溫度。由於北側之光線不能進入室內，植物易向南面彎曲傾斜。同時通風也不良。一般僅適合於利用房屋或其他建築物的牆，節省建造費。同時適合家庭園藝栽培用。

㈣連棟式(Ridge and furrow, Multi-span)：

此型式以等邊屋頂式溫室，二棟以上相互連接而成。這種連棟溫室之建築面積大而節省建築費用。同時在較大的溫室內，許多之機械和管理操作效率提高，爲目前世界各國所逐漸普遍採用。唯此型式溫室內之光線、通風性較差，易導致作物生育不良，因此管理上尤需注意。爲避免上述缺點，溫室之高度若加高，則可使通風較爲良好。同時，連棟式由於各棟之連結處擋住光源，爲減少此遮蔭，其建造方向東西棟時，日光透過率高，但不均勻，南北棟時透過率低而較均勻。目前本省多處自荷蘭引進Venlo連棟式，因其爲適冷涼，日照較少地方用，本省得加大其柱架資材，鞏固基礎，屋頂之排水溝加大，另側窗也得考慮加設等。因引進此多連棟溫室期間尚短，其效能仍待探討。

㈤弧形屋頂式(Curved roof)：

屋頂呈弧形之玻璃室。此型式外觀上較美觀，適合植物園或觀賞展示用。因其屋頂空間較大，可適合較大之植物栽培。但建造此型式屋頂，所需費用較高。

㈥太子樓式：

以等邊屋頂式之屋脊處再建造一屋頂，並加設二側面之通氣窗，使空氣之對流和室內水蒸氣蒸發良好，以自然方式達降低溫度和溼度的效果，此型式似較適合潮溼的熱帶地區，但對颱風的抗性則較差。

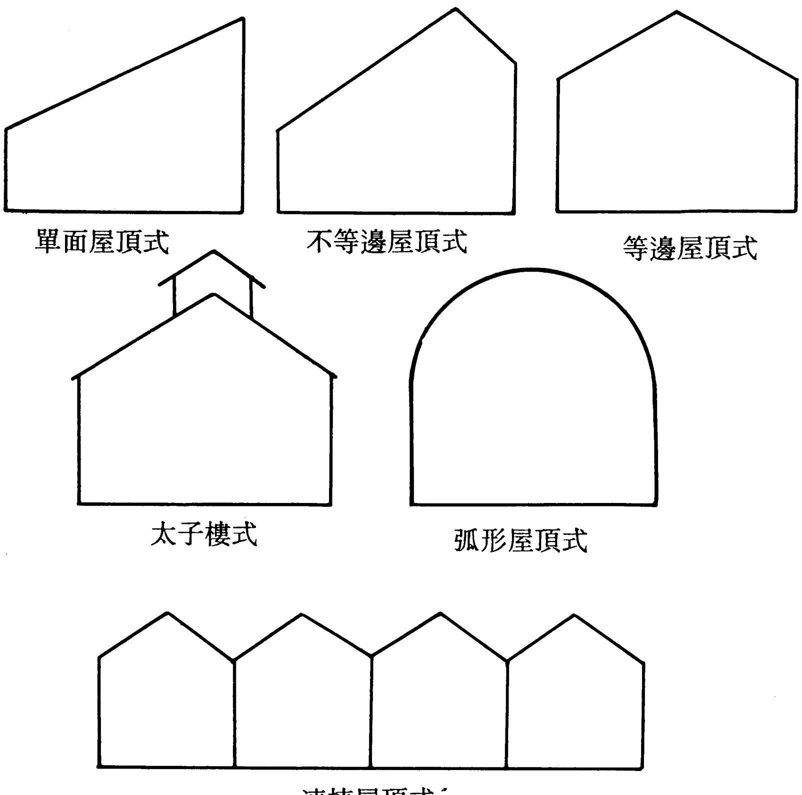

圖1.溫室橫斷面之形式

二、樑架之建造材料

玻璃溫室依建材種類分爲下列四種，其特點分別如下：

㈠木材：

1.質較金屬類柔軟，製材成型容易，切開、鑽孔、打針簡單。

2.常爲增加建築之強度需要較粗大材料，以致影響採光。

3.木材之形狀易變型，而影響溫室之效果，如通氣窗之開關故障或形成孔隙，以致漏雨及降低保溫性。

4.木材在多溼條件下易腐爛，二～三年需要油漆一次，維護費較高。裝玻璃與木材之接處如腐爛時，玻璃易掉下而發生危險。因此使用年限較短。

5.比較好之木材種類如檜木價格高。

㈡鐵材：

1.材料成型或加工較難，產品供給須規格化。

2.比重大，材料之運搬和施工較難。

3.堅固耐用，可以用細材而不影響採光。

4.在高溫多溼易生銹，需要常油漆。

㈢鋁材或鋁合金屬材：

1.輕而便於運搬與施工。

2.材料之成型加工容易，可製成各類不同之專用型材，如各種接頭、通氣窗及其開關的部分，玻璃固定部品等。

3.堅固性雖不如鐵材，但耐腐蝕性爲鐵材之二倍以上，不必油漆維護，同時價格較便宜。

㈣鐵材與木材或鋁材組合：

1.鐵材與木材組合：以鐵材爲主要骨架，木材爲輔助材料，利用各別之優劣特性部分所建造而成。

2.鋁材與鐵材組合：以鐵材爲溫室主要骨架，鋁材爲外部的構成材料，利用鐵材之高強度，與鋁材之易成型和不蝕腐性建造而成。

三、溫室建築上的重要架構

㈠屋頂之斜度：

太陽的照射經由玻璃而進入溫室內，一部分由玻璃表面反射和玻璃本身之吸收而消失以外，其餘大部分射入室內，其入射角與玻璃成直角時，反射最量小。入射角愈小時，反射則愈大。而太陽入射角隨季節與每日時刻而異，爲了使入射角較大，需要建成較陡之屋頂。較陡之屋頂建築費用高，且其所受風壓愈大，颱風更易受損。所以屋頂斜度之決定不可只顧太陽之入射角，需要考慮到費用和安全等條件。荷蘭的溫室南北連棟式的屋頂斜度大致在15～25度之間，等邊屋頂式以26度33分爲多。

㈡溫室之大小與高度：

溫室之大小依栽培作物、栽培規模、土地狀況，及建築資金等而定。其他風力大小、光

照條件也爲很重要之決定因素。面積通常以建坪爲單位，或以寬和長之乘積爲計算。

温室之寬和長度，室內愈寬時，屋頂必需愈高。由於屋頂高，其所受之風力亦大，更需強固柱架支持。玻璃室內之氣温或溼度，若屋脊高而容積大時，則所受外界之影響愈小。若容積較小時，愈易受外界環境之影響。連棟式温室之每一棟寬度雖與單棟式之寬相等，但因其相互連接而日照和通風不良。

長度以支柱間隔之倍數作爲長度。通常每支柱之間隔爲2.5～3公尺，全長可達30～50公尺。

依國外之資料其規模大小大致如下：

等邊屋頂式　6～9m X 18～30m面積約爲133～300平方公尺。

不等邊屋頂式　3.2～4.1m X 14.4～21.6m面積約爲50～150平方公尺。

連棟式每棟　6m X 24～30m，荷蘭Venlo型寬爲6.4m連棟，長30～50m爲多。

㈢側壁高與屋脊高：

側壁高度隨栽培作物之不同而異。若爲草莓、軟弱蔬菜、盆栽作物約爲1.7～1.8公尺，菊花約2公尺，番茄、胡瓜2.1～2.2公尺，玫瑰花或觀賞植物約2.3公尺。若温室內裝置遮光網時，需再增加10～20公分高。

屋脊愈高時，其室內温度變化較小，作物生育較好，但是建築費愈高且怕強風，在經營上以較低者爲經濟。常見之高度標準爲3.6公尺。

㈣通氣窗：

室內温度上升可用通風扇和自然的天窗、側窗來調節，側窗之效果比天窗爲好，兩者同時使用效果更大。

1.天窗：在熱帶地區天窗以向上開者，通風性較好。天窗寬60～90公分，以75公分爲多，每隔3～4.5公尺設一個。可裝置天窗自動或手動開關機。

2.側窗：在高温地方以全面設側窗爲佳。爲使通風良好，側壁上之玻璃全改裝爲不銹鋼網或尼龍鐵絲網建造者，通風好又經濟。如冬季爲防寒需要時，再以塑膠布等覆蓋於外側可達防寒效果。

㈤覆蓋之玻璃：

通常爲透明無色玻璃。玻璃對氣温變化之耐候性強並具防塵性和耐藥性，但強度差而易破。其厚、寬和長分別爲3(或2)厘米、508厘米(或610厘米)和90公分爲多。分透明玻璃和吸熱玻璃二種。透明玻璃對330～380nm之近紫外線透過率爲80～90％，不透過310nm以下之紫外線。吸熱玻璃可透過350～380nm紫外線40～70％，不透過率爲90％，而吸熱玻璃對600～700nm紅色光有降低效果，對1,000nm之近紅外線透過率降低爲50％，近紅外線4,000nm以下透過，以上波長則不透過。

塑膠温室

農業上最初利用塑膠類爲材料建造温室者爲聚氯乙烯(PVC)，然後以聚乙烯(PE)爲材料。近年來用硬質聚氯乙烯板和聚脂玻璃纖維強化板或壓克力板。因玻璃温室建築費用高，而

塑膠温室費用較低，故塑膠温室面積逐漸擴大。在日本約有42,000公頃設施面積，但玻璃温室，僅佔其中4.5%而已。依塑膠軟硬度可分爲三類：

1.軟質布(厚0.075～0.2mm)包括PE布、PVC布、EVA布、PET膜。

2.硬質布(膜)(厚0.1～0.25mm)聚乙酯硬質膜。

3.硬質板(厚0.5～1.7mm板)FRP、FRA、MMA、PC和複層板。

一、塑膠温室之類別

㈠以骨架材料分類可分三種：

1.以鐵材爲主體建造者。

2.以竹或木材爲主體建造者。

3.以鍍鋅鐵管爲主體建造者。

㈡以栽培期間分類可分爲二種：

1.一作栽培型：利用竹材或木材或鐵管組合建造者。不設天窗，以塑膠布向上捲起，以達到通風。通常栽培一作後，即將塑膠布除去。

2.多作栽培型：温室可一年兩作以上之栽培。用鐵材建造設有通風設備，灌水裝置等。

㈢以耐久性而分，可分爲二種：

1.固定式：同一土地以鐵材建築，較永久性。

2.簡易式：只用一作栽培或每年栽培後拆除又重建。

㈣諸將上述各類塑膠温室栽培特性說明如下：

1.鐵架固定式塑膠温室：一年可多作栽培。具有通風設備，其耐久力較長。由於在同一土地上一年多作，故須注意連作之害。爲省工管理起見，宜裝置各種灌水等設備。此種構造以建連棟型温室較節省費用。

2.竹材簡易塑膠温室：適合一作栽培，利用竹材或木材爲支柱，建造簡單且費用低，一作後隨時可拆除。因爲構造上以竹爲支柱，不能抵抗強風，亦較難設天窗通氣，所以高温時，將腰部之塑膠捲起以達通風效果。此類温室較不適建築連棟室。通常一棟建築面積以100～120平方公尺較適當。但本省之洋菇舍因不必考慮光照問題並另有通風設施，不在此限。

3.大型鐵材單棟塑膠温室：以鐵材爲主，用木材或竹材組合所建造之單棟温室，每棟可達1,000平方公尺。温室面積大，作業方便，因屋頂爲單頂，故塑膠材料較節省。通常屋頂斜度較爲緩和，約12.9～16.6度。但屋頂面積較大，如有損壞時，修護較爲困難。同時，通氣窗之比例較小，夏季時室內温度易過高。

4.鍍鋅鐵管温室：以鍍鋅鐵管爲材料相互結合組成，其拆建或移動皆簡單。可製規格化成品，建築之大小可隨意，價格亦低廉。最近幾年，建造此式者已增多。

二、塑膠温室之大小及覆蓋材料

㈠塑膠温室之形式很多，但其建造之大小很爲接近，依統計大致如下：寬爲3.0～8.0公尺，而以3.5～4.5公尺佔多數。側壁高1.0～2.0公尺，而以1.5～2.0公不佔多數。屋頂高2.0～4.0公尺，而以2.5～3.0公尺佔多數。以上係單棟式之大小，連棟式則以此數倍增。

㈡覆蓋材料：

表一、日本之鍍鋅鐵管塑膠温室其常用之規格

寬	3.6m	4.5 m	5.4m
脊高	1.82m	2.25m	2.95m
側高	半圓型	1.2m	1.5m
管直徑	19mm	19mm	22mm

註：本省爲防風起見，以3/4英吋或1英吋建造者爲多。

包括屋頂、側壁等外界隔離的外屋用，提高保温或遮光的內層用，敷蓋地面以保持地温、水分、防治雜草的敷蓋用，以及遮光防風、防蟲、補充等用資材，將其較重要者分述如下：

1.軟質塑膠布：常用厚度爲0.075～0.1厘米之軟質塑膠。其種類和特性分別如下：

(1)農業用聚氯乙烯塑膠布(PVC)

a.透光率高，比玻璃爲好。

b.保温力強，熱之傳導率低。白天温度易過高，同時輻射熱在温室內保持很久，而夜温之降低也不易。

c.抗張力和伸張力強，具有耐候性。

d.抗藥力強，耐酸鹼，耐油，對各種農藥之噴灑和肥料不變質。

e.質柔軟，可做爲圓形、角形等之任意利用。

(2)農業用聚乙烯塑膠布(PE)

a.光線之透過率高，對紫外光透過率比PVC高耐候性較差，易被風吹砍。

b.對灰塵之附著力低。

c.抗藥性也強。

d.抗張力、伸張力和也比PVC爲低。

e.保温之效果也較PVC爲低。

(3)農業用軟質乙烯醋酸乙烯酯共聚合物(EVA)

a.抗張力、伸張力強。

b.耐候性、保温性，光線透過率介於PVC與PE之中間。

c.灰塵附著力很低。

d.對藥劑肥料施用不變質。

e.完全無毒。

2.硬質塑膠：指不含可塑劑之PVC和PE，厚度在0.2厘米以上者稱爲硬質板。因軟質塑膠類之耐久性差，以此硬質材料可以改進此缺點。其種類和特性如下：

(1)聚氯乙烯板：(FRP)

a.浪板形狀，裝配容易且價格便宜。

b.透明性略差，使用期間易老化，使光線透過率降低。

c.使用年限爲4～5年。

⑵玻璃纖維多元酯強化板(FRA)

a.透光率比玻璃差，但玻璃之透光爲平行光線而此種兼有平行光線與擴散光線，所以在温室內光線分散而無影子。

b.具有韌性，比玻璃不易破碎，而且重量較輕。

c.熱傳導率較低，爲玻璃的五分之一。

d.通常使用年限可達五年以上。

⑶壓克力板(MMA)

a.透明性高。

b.灰塵附著力低。

c.耐水、耐鹽和弱酸，但不耐鹹性，溶於酮和酯類有機溶劑。

d.耐久而不破損，不變色和不變質，可使用十年以上，但價格偏高。

⑷複合板

a.厚度爲4～20mm二層構造的中空板。

b.其斷熱性和保温力都相當好。

c.光線透過率較一層爲低。

3.遮光網：

⑴具不同遮光率製品，以調節光量和抑制温度上升。

⑵其通氣性、耐候性均良好。

⑶資材內加有鋁箔者可兼具反光特性。

4.不織布：

⑴遮光率20～90% 之聚酯複層纖維。

⑵透濕性，防霧性，展開性均良好。

⑶高温時，對温度、水分之散逸容易。

三、塑膠温室之通氣窗與地基

㈠通氣窗：

爲左右栽培好壞之重要設施，通常有下列四種方式：

1.設置天窗與側窗：温度高時，天窗與側窗同時開，但屋頂爲弧型者，其天窗較難密合，易受風害和雨害。

2.側面覆蓋物往上捲起或拆除。將側面之塑膠布往上肩部捲或疊起，但是較長的全面操作不容易。必要時全部拆除較簡單。

3.裝置通風扇，以強制通氣方式裝置通風扇於腰側，且要注意送風量及排風量之平衡。

4.裝尼龍鐵絲網、紗網於側壁。全面之腰部以尼龍鐵絲網等裝置，以達自然空氣之相互流通，此方式最爲經濟同時較適合熱帶地區。

㈡地基：

表二、外層用覆蓋資材的特性比較（日本設施園藝協會1986）

資材		光透過性	紫外線透過性	擴散性	斷熱性	防滴性	防霧性	展開性之難易	開閉性之難易	強度	伸縮性	耐候性
玻璃		○	透	小	○	有	有	難	–		小	◎
硬質板	FRP	○	不	中	○	無	有	不易	–	強度差異大施工設計注意以確保其強度	中	○
	FRA	○	透	中~大	○	展開後藥劑處理後可成為	有	不易	–		中	○
	MMA	○	透~不	小	○		有	不易	–		大	◎
	PC	○	不	小	△		有	不易	–		大	◎
	複層板	△	透~不	中	◎		有	難	–		大	◎
硬質(有)膜		○	透~不	小	○	有	有	不易	–		漸縮性	○
軟質(布)膜	PVC	○	透~不	小~中	○	有(部分無)	部分	易	稍難		具柔軟性除PVC外不具復元性	△
	EVA	○	透	小	△	有	無	易	易			△
	PE	○	透	小	△	無~有	無	易	易			×

註：◎：好。○：稍好。△：稍差。×：差。

1.以鐵材建造時，其粗細最好大於4公分以上並埋入地下深50公分以上。如為大棟温室於地下得鞏重100～150公分水泥地基。

2.鐵管温室，其鐵管在地中之深度，如温室寬為2公尺之小型者約深40公分，如寬為3～4公尺者，需深約45公分以上，否則容易動搖。為加強其穩定性最好在地表處以鐵管或板互為連結以增加固定強度。

温室之調節設施

温室內環境調節設施包括有通風、降温、保温、加温、光照、濕度、二氧化碳施用等調節設施。近年來在温帶地區，温室之環境調節技術進步，温室之室温、濕度、二氧化碳、通風等複合環境，利用電腦操作控制，藉以節省能源與省工，並使作物獲得最適生育條件達到高而穩定生產目的。本省位熱帶地區，在温室環境調節上最重要者當為高温問題。就較重要之調節工作說明如下：

一、通風

由通風可防止溫度過高，使室內濕度降低，補充二氧化碳，並提高作業之效率。

(一)自然通風：

設天窗、側窗、或腰部全部安裝不銹鋼網及尼龍鐵絲網，以達與室外之自然通風。側窗設置宜與側壁等高，其通風窗面積愈大效果愈好。連棟式除設側窗外，最好於兩屋頂連接之各部也設通風窗。

(二)設通風扇：

以風扇強制室內空氣排出，並吸入室外空氣。通常一端吸入空氣，而從另一端排出之方式。得注意其設置之關係位置與通風之適當風速（0.4公尺／每秒）以不影響作物之蒸散和光合作用。

二、降温

在夏季溫室內由於室內空氣不流動，擴散係數小，入射熱擴散慢，蒸發散量也少，易引起高温現象。爲使其溫度降低，如以冷凍機並不經濟合算，應以設施費、維護費較低方式行降温。

除上述之通風法外，通常可以遮光法降低入射量和簡易冷氣法兩種。

(一)遮光法：

爲最簡單且經濟之方法，通常玻璃本身就有百分之二十遮光作用。遮光法有四種：

1.玻璃上噴佈石灰或白色塗料，以生石灰或消石灰加展著劑加壓噴於玻璃上。此法連續大雨時易流失，爲其缺點。

2.遮蔭或遮簾法：以竹簾或遮光網覆蓋於屋頂上或室內行遮光。以屋頂遮光效果較好，但遇強風則較不適合。在室內遮光網由於也吸收高温，須配合天窗或側窗打開。

3.屋頂流水法：每一厘米厚度之水可吸收百分之五紅外線，但爲吸收更多紅外線，需增加水之厚度，實際上操作有困難，同時，屋頂易滋生藻類故不甚實用。

4.吸熱玻璃：由於吸收紅外線使透過率降低，目前此種特殊玻璃價格高，實用上不合算。

(二)簡易冷氣法：

1.冷水牆和風扇系統(pad and fan system)：於温室之一側面或一端，以兩面塑膠網或鐵絲網中間，固定厚8～10公分之木質、或尼龍、或醋酸纖維做成的冷水牆。該冷水牆上方加裝水管，每隔15公分設噴頭一個，以水濡濕該纖維層。在温室之相對側面或另一端裝置向室外排氣之通風扇。於通風扇轉動同時使經過濡濕層而降温的空氣也進入室內，而達到温室之降温效果。由冷水牆所流下的水再集於迴流槽中，以抽水馬達使其循環(圖二)。

2.噴霧和風扇系統：與上述方法類似，將冷水牆改以噴霧室取代。在吸氣口之外側以每50公分間隔設噴霧之噴頭一個，使水向外噴，爲防止該微水滴因通風扇而吸入温室內，得另設一除滴裝置。因該噴霧室與除滴裝置之設備費較貴，除較珍貴作物栽培外。

上述兩種方式皆以水蒸發時，利用其氣化熱，將空氣冷卻送入温室內。其冷卻之效果在

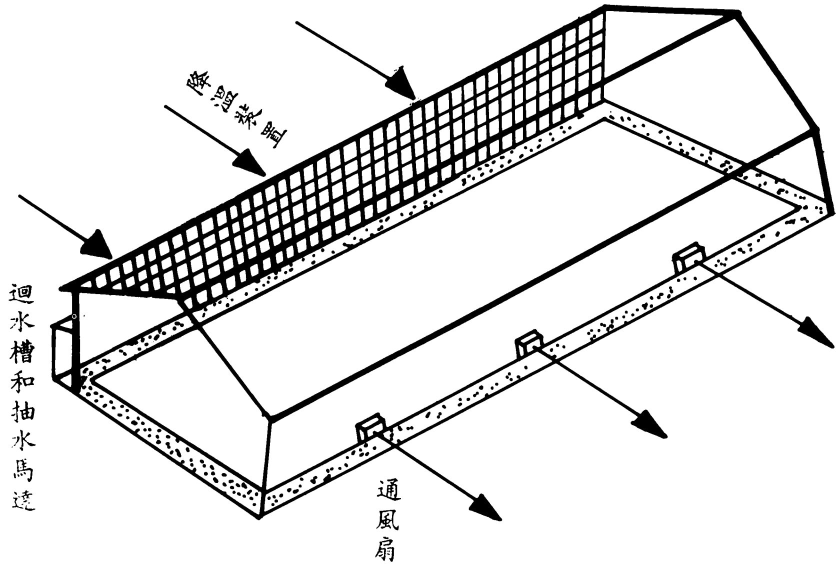

圖2.簡易冷氣裝置法

於流入空氣，也就是外氣之濕球溫度有密切關係。在夏季高溫又多濕時，因爲外氣之乾球溫度和濕球溫度之差很小，以此氣化熱之冷卻效果就不大。

㈢作物噴霧法：在通風良好之溫室內，直接在作物體行噴霧，使其表面蒸發而降低體溫之方法。就如扦插繁殖時的噴霧方式一樣。

三、濕度

其他以冷水管循環，使作物根部或整株得到冷卻效果。在溫室通風設施不甚良好時，其相對濕度較露地爲高，因此作物容易徒長，軟弱，或發生病害。故管理上宜注意與大氣對流以降低濕度。或溫室內其他，以冷水管循環使作物根部或整株得到冷卻效果。

四、二氧化碳

玻璃室或塑膠溫室若密閉時，因其無法與大氣流通，故其氣體之組成不同，而影響作物之生育。通常大氣中，約含有0.03％的二氧化碳，日出後溫室內作物開始行光合作用，二氧化碳被作物吸收，濃度降低，影響光合率。若以人爲之方式供給適量之二氧化碳（0.1～0.15％），則可以促進作物之光合成。否則需開天窗，或側窗，與外界之大氣對流，一方面補給二氧化碳之不足，同時亦可降低溫度以免影響光合率。

溫室之管理

一、土壤

在溫室爲高度集約栽培，除盆栽外，土壤常以特定之化學肥料行施肥。由於高溫，土壤水分蒸發散高，而施肥養分並不流失，造成鹽類高濃度，蓄積在土壤表層，影響根系之水分

與養分的吸收，進而土壤中有效養分變成不可吸收態和養分間失去平衡，而易發生缺乏症等現象。又溫室中常由於特定作物之連作結果，使土壤微生物也失去平衡，或產生高密度有害微生物。對於鹽類濃度障害通常以換土、深耕、浸水、灌水沖洗、或於夏季休閒期將覆蓋之塑膠拆開讓雨淋等方法補救。連作所引起之線蟲或病害，以土壤消毒爲有效，可用農藥消毒（灌注藥劑或燻蒸）和熱處理（蒸氣消毒攝氏60度10分鐘）方法防治。

二、灌水

爲一省工設施，由於作物種類、生育時期、栽培季節等條件不同，如何適當灌水爲很難之工作，需測定灌水時期及灌水量而後決定。同時，水分與養分之管理，需配合作物之生育。由於很多作物未甚瞭解其各階段之需要量，所以正確的灌水之自動化控制尚有一段距離。通常灌水可分爲土壤灌水方式和植物與土壤灌水方式。前者可以地表灌溉、地下灌溉、底部吸水方式等，後者可以噴灑灌溉、噴霧灌溉和滴灌方式。

三、覆蓋物

前所述有關透明玻璃對於紫外部310nm以下波長爲不透過性，而PVC塑膠對於短波長之紫外線有透過性，PE塑膠透過性又大之。雖然覆蓋材料對光線之波長特性有所差異，但其對作物之生育或生態之變化並不很大。實際上該覆蓋材料之污染或老化等，對入射光線的阻擋很大。因此，清除該污染物、或換新、或必要時增加光源才是有效的方法。

四、病蟲害防治

㈠病害：

溫室內高溫多濕，且光線不足，爲病原菌繁殖之溫床。遇有病害時，其繁殖速率也快。但在設施環境內，由雨水傳播之病害，如炭疽病、疫病，和由蚜蟲所傳播之毒素病，因與外界隔離而病害較少。其他病害大致與露地栽培相同。其防治方面，在栽培技術上可以採用浸水、輪作、選用耐病性品種和無病菌種苗，注意溫室內溫度、濕度、灌水和通風之管理及環境衛生等。在物理、化學上行種苗、土壤、資材之消毒及地上部病害之藥劑防治。

㈡蟲害：

在設施條件下蟲害之種類較露地爲少，通常以雜食性，不具休眠性之種類，如蚜蟲、葉紅蜘蛛、線蟲、介殼蟲等爲主。與病害比起來較爲單純，以密閉燻蒸或殺蟲劑等方法都容易防治。

養液栽培

台灣之養液栽培，一方面受到國外如荷蘭、日本、英國等先進國家栽培技術發展之啟發，一方面基於從業者對於以高技術來生產高品質的蔬菜需求。於民國58年龍潭農校行礫耕試驗開始小規模之葉菜生產。繼由農業試驗所行砂耕試驗，中興大學和台中農改場進行立體式無土栽培試驗。民國72年由鳳山熱帶園藝試驗分所開始進行水耕方式試驗。74年台中農改場開始水耕實用化工作。其發展之歷史並不多久，到現在爲止估計20公頃栽培面積，如將豌豆苗之生產15公頃在內計約有35公頃(圖三)。

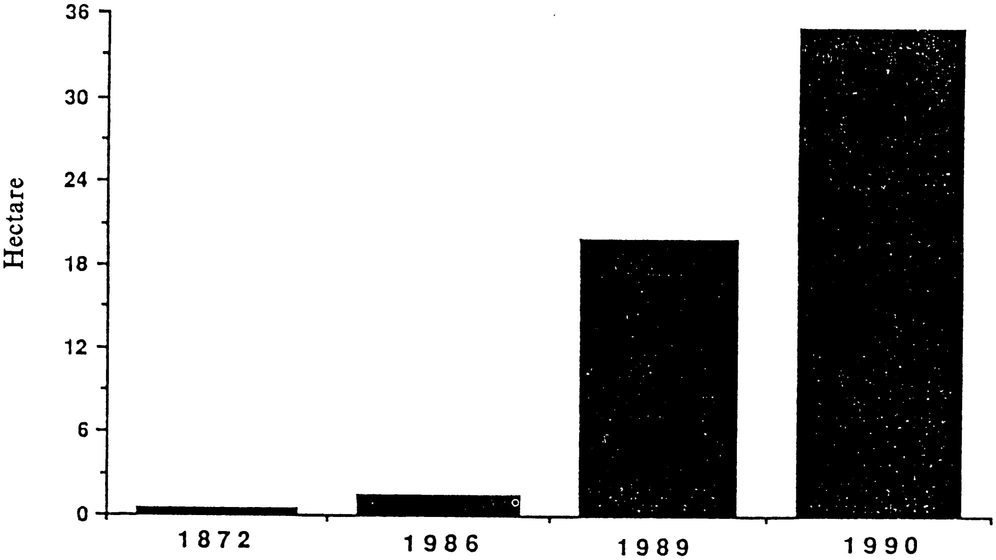

圖3.本省年度別養液栽培面積消長情形（豆苗之生長面積包括在內）

一、栽培方式

目前的栽培方式，依介質來分可分爲水耕、噴霧耕和固體介質耕三種(圖四)。水耕依供氧的方法，又可分爲水位調節法、強制循環法、養液薄膜法和浮根法等，茲將其要點簡述如下：

(一)水位調節法：

係養液槽與栽培床間行灌排液時，液面之行間斷性的升或降，使根部間歇性曝露於空間得到氧氣，以此方法者包括有用排液器調節者，如日本之Hyponica、台中農改場動態浮根式。用供排液管調節者如等量交換法，和台中高農之循環升降式水耕。

(二)通氣循環法：

以馬達使床內養液行循環，於循環同時以不同通氣方式使溶氧量增加，以此方式者於供水口裝以空氣混合器或以吸氣管連接於床內供液管的小孔噴出。如日本之M式水耕。

(三)養液薄膜法（N.F.T.）：

栽培床以緩坡度使養液成薄層的間斷性流動的栽培法，以此方法者，以單一槽薄層流動式，或多凹凸槽薄層流動式（包括縱或橫流動）等。

(四)浮根法：

以浮媒體和毛細作用物使根部全不浸或部分浸在養液的栽培方式，又可分爲靜水式浮根和循環式浮根。循環式浮根法由鳳山熱帶園藝試驗分所開發（如圖五），根藉由保麗龍板浮起，並由毛細管吸水之不織布使養液循環，根不浸在水中，同時具有養液薄層法的特性是爲高温地方可發展的一種栽培法。

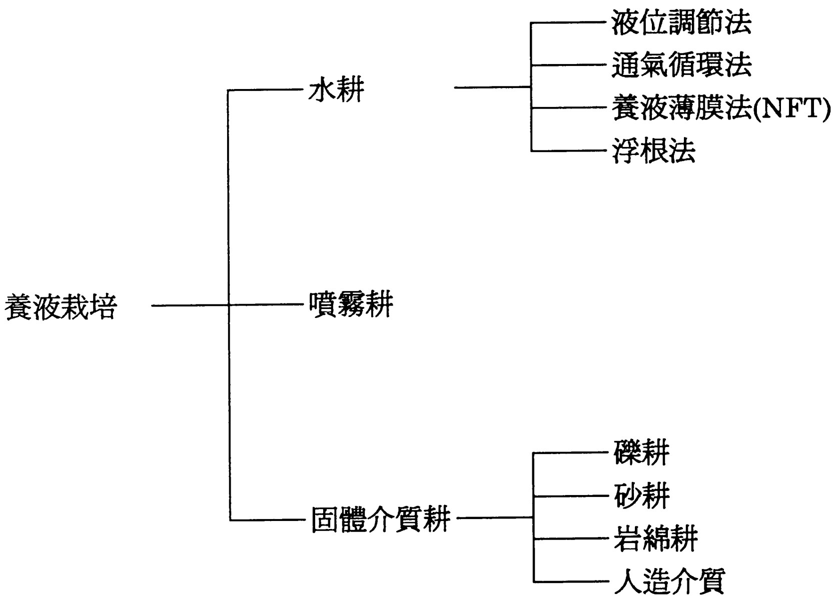

圖4.各種養液栽培方式

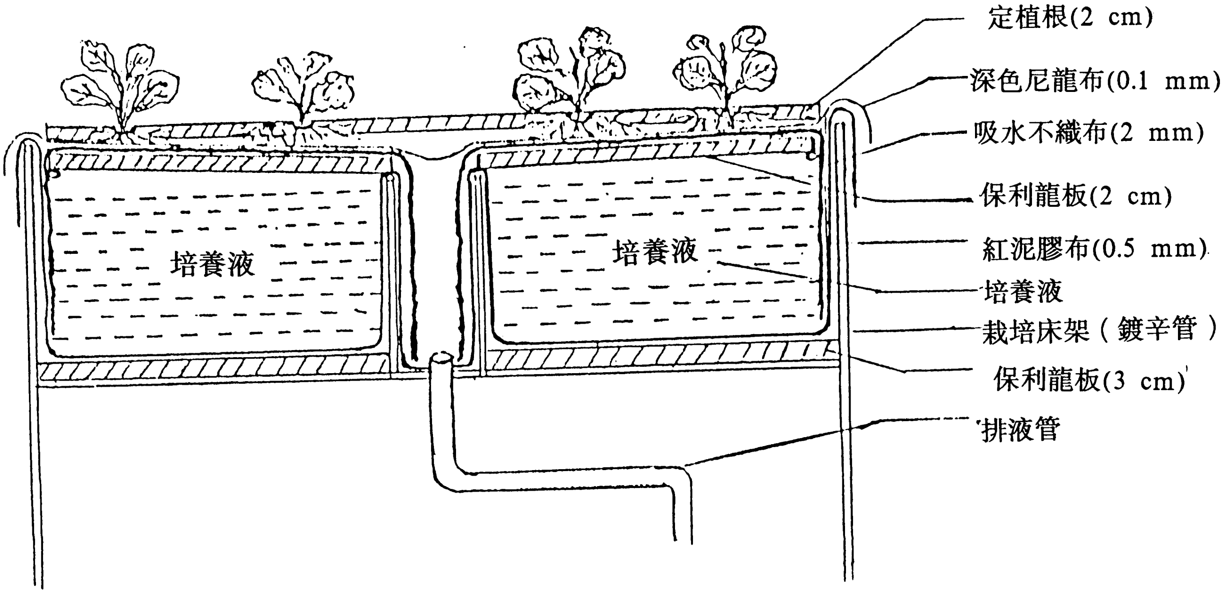

圖5.浮根式循環水耕剖面圖

上述四種方式也可兼有兩種栽培法的特點在一起者，如日本之Hyponica兼有水位調節與通氣循環式的功能。循環式浮根式則兼有浮根式與NFT的特點。因此，可由栽培者或業者之創意與構想行設施。

在固體介質方面可分爲：

1.砂耕：

作物在砂中種植，灌溉培養液，以供給養分的一種方法。通常需要以自動灌水設備做排水良好的砂床。各種作物之施肥量及濃度，尚未建立一定的標準，一般施肥之濃度爲0.2～0.3%。對於母岩爲花岡岩所形成的砂質，其鈣和鎂的含量較少，容易引起缺乏症，需以葉面噴佈來補充。

灌水方法按一般土耕自動灌水方式行之。果菜類用滴灌水地面灌水方式，軟弱蔬菜於砂床栽培者，以葉面噴佈方式。

2.礫耕：

礫耕指在礫耕床上栽培作物，以定時的培養液灌溉流動的栽培方法。有各種設施方法，最普遍的礫耕方式爲設置一培養液槽低於栽培床。培養液以抽水馬達由培養液槽灌入各栽培床。同時以自然落差由栽培床迴流入培養液槽，以灌、排培養液同時進行，每天重覆2～4次。培養液槽之容積，本來以一次灌入栽培床的礫中全孔隙量滿水就足夠，但實際上，需大於該容量，至少要礫層全容量的50～70%，以便於每日之自動灌溉。

培養液槽需以鋼骨水泥做成。礫之材料有很多種，最經濟的爲河床上的小石子，其大小約與大豆或紅豆一樣，經篩過者。通常栽培床面積一平方公尺，床深20～25公分時，需礫0.2～0.5立方公尺。注意河床上石礫來源會影響到培養液的濃度與組成的變化，若所採取的河床礫，受到海水沖浸時，礫中會溶出鈉和鎂，吸收鈣。也有些河床石礫會溶解出鈣和鎂，而吸收鉀和磷，特別是火山性的石礫，很容易吸收大量的磷酸。若石礫吸收大量培養液中的鈣和磷時，作物易引起缺乏鈣和磷的病症而生育不良，因此該種石礫，得事先用過磷酸石灰溶液浸漬後，方可使用。

栽培床可以用水泥、水泥板或者塑膠類做成。栽培床須保持水平，不可以有漏水現象發生。床之大小，栽培作物以果菜類爲主時，以寬80～90公分，深15～20公分，長可達30公尺，床間通路，寬以70公分爲準。栽培作物以軟弱蔬菜爲主可密植時，床寬可用120公分，深20公分，通路寬30公分。栽培床以水泥者，爲避免水泥龜裂，其底部基礎用基礎石，水泥內需用鐵條支架，另在床之中底部，設有迴排水溝（約寬12公分、深10公分），坡度爲1/100～1/200，以便迴排養液。

栽培床寬爲80公分，長4公尺（面積約爲1坪），以床深22.5公分時，需放入礫的容積爲80 X 400 X 22.5=720,000毫升（即0.72立方公尺或720公升）。若床長爲20公尺時，需礫量3.6立方公尺。通常礫之孔隙率爲40%，灌養液之後，在礫上約有孔隙的10%～15%的殘液率。

灌、排水之自動化，通常灌、排水方法，是由抽水馬達從培養液槽灌入栽培床之同時，養液槽迴流。

自動控制方法，分爲時間控制與液面控制兩種：

1.時間控制方式：每一栽培床以固定滿水時所必需的時間，其時間用定時續電器來起動馬達，將所定量之培養液灌入。日本利用水壓製成自動轉換供水瓣，可依順序灌培養

液入栽培床。

2.液面控制方式：利用自動轉換供水瓣以灌水轉換爲前提，用定時開關控制馬達的起動。栽培床的培養液達至滿水時，以浮球開關（floating switch）控制馬達停止。

本省桃園縣於呂理福校長主持下目前約有3,000 m^2的金針菜礫耕栽培，養液以虹吸管流回養液池，金針菜定植後每年自8月採收至10月，可連續持採收10年，其分蘖多，產量也高，而管理很簡易，成本低爲其特點。

3.岩綿耕：

(1)標準式（Standard system）或稱岩綿袋法：栽培用岩綿以塑膠布包起來，溫室整平後，地面以0.07mm白色塑膠布覆蓋，將岩綿袋（番茄、甜椒用岩綿袋長、寬、高爲90 X 15 X 7.5cm，胡瓜用者爲90 X 20 X 7.5cm）排放於覆蓋塑膠上。將育苗之岩綿塊（rockwool cube）定植於岩綿袋上（番茄、甜椒育苗用之岩綿塊大小爲75 X 75 X 65mm，胡瓜爲100 X 100 X 65mm），培養液以滴灌（drip），每株各置1～3滴管。多餘之滴灌培養液由岩綿袋下面之塑膠布剪裂縫排出（非循環式，如圖六）。如果排水較差之地面，則需埋設排水管。此栽培方式之適用作物包括胡瓜、番茄、甜椒、茄子等。

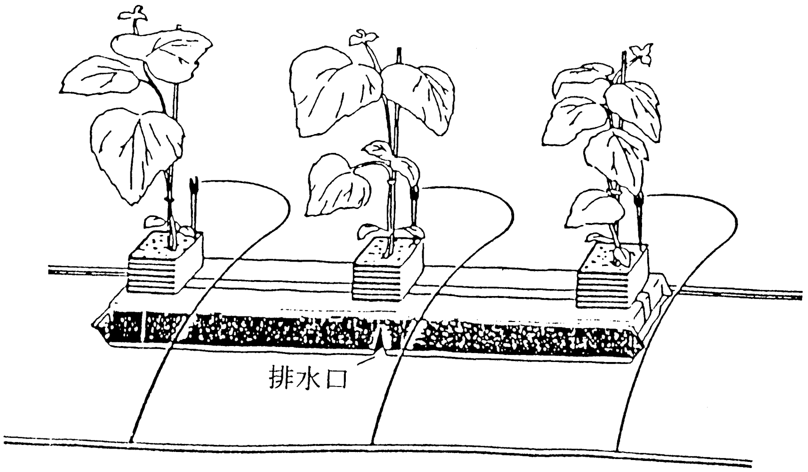

圖6.標準式岩綿栽培法

⑵栽培槽式（gutter system, strip system, gutter cube system）：以保麗樹脂等製成的栽培槽，栽培槽放於地面，槽內放置岩綿條（strips）或岩綿塊（cubes）。岩綿塊之長、寬、高爲90 X 10 X 7.5cm或90 X 10 X 10cm。岩綿塊之長、寬、高爲10 X 15 X 10cm，或15 X 15 X 7.5cm，或15 X 15 X 10cm。槽內調節或經常保持1～2公分深度之培養液。該栽培方式培養液可分成滯水式（stationary water）或稱非循環式，和循環式（circulating water）。循環式並非養液經常流動，而爲間斷性滴灌，每株灌溉方法與標準式相同，同時有少量養液排出，所排之培養液可收集於供液池內繼續使用。在噴霧耕方面，則完全不用介質。

在栽培床之底部保持適量培養液，作物垂下之根於液面上部之空間，以培養液間斷性行噴霧的方法。此法可避免氧氣之不足，對於噴霧時間以間斷性調節，唯此法因恐有停電、馬達故障、管路塞等危險，實用化較少。

二、養液栽培的作物

全省的養液栽培中仍以水耕爲主，其中蔬菜約佔全部面積的95%，尤其是葉菜類如蕹菜、小白菜、青梗白菜、萵苣、芥藍等爲多，只有少數的果菜類如番茄、洋香瓜等和花卉如康乃馨等之生產。由於此類葉菜類屬短期性作物，通常爲20～30天就可收穫一次，尤其蕹菜爲宿根性，於夏季高温季節，在二週內就可繼續收穫一次，在南部地區一年可收24次以上。

三、培養液

礫耕、水耕和噴霧耕的培養液與砂耕有所不同。將水耕與礫耕發展過程中的重要培養液之名稱及其肥料量、微量要素、分別列於表三、和表四。

表三、肥料之種類及使用量（培養液1,000公升）

Hoagland, Aron(1950)			山崎堀(1963)		
	肥料	使用量		肥料	使用量
第一培養液	硝酸鉀	606公克	第一培養液	硝酸鉀	810公克
	硝酸鈣	944公克		硝酸鈣	950公克
	硫酸鎂	492公克		硫酸鎂	500公克
	第一磷酸銨	114公克		第一磷酸銨	155公克
第二培養液	硝酸鉀	1,010公克	第二培養液	硝酸鉀	810公克
	硝酸鈣	708公克		硝酸鈣	320公克
	硫酸鎂	492公克		硫酸鎂	500公克
	第一磷酸銨	228公克		第一磷酸銨	580公克

表四、微量要素（每噸培養液）（山崎）

鹽類	使用量（公克）	要素成分濃度(ppm)
鐵 Fe EDTA	16	2
硼酸	1.20	0.2
氯化錳	0.72	0.2(Mn),0.15(C1)
硫酸鋅	0.09	0.02
硫酸鋅	0.04	0.01
硫酸銅	0.01	0.005
鉬酸銨		

各要素中，氮的來源以硝酸態氮素爲主，再添加少量之氨態氮素，如此的培養液爲較適宜。根據作物之養分吸收量，計算各要素之間的當量比，如此供給適合作物吸收的要素比率和濃度的培養液稱爲平衡培養液。

因爲水耕栽培期間，培養液之pH和電導度之變化很大。山崎氏將數種蔬菜之養分吸收特性，測定其肥料成分的吸收組成和濃度，然後計算各該所適宜的培養液使用之，而得到改善的效果。其培養液組成與pH和導電度之關係如表五。微量要素之添加，若爲井水或自來水，其電導度0.2mmho以下pH=7左右時，在每噸培養液中加入硼酸1.2公克、氯化錳0.72公克（二個月追加一次）和鐵源（Fe-EDTA）12.5公克（每月追加一次）即可。

由於作物品種、栽培環境條件（溫度、光照、温室等）及栽培法等也所不同。數種熱帶性作物之濃度組成也經訂定如表六。該項濃度因大致與作物之吸收量平衡，因此，以相同之濃度組成行供應和補充，對於所列作物栽培上的液養pH和EC可維持穩定而不致發生多大變化。

表五、數種蔬菜之主要素吸收的組成成分，其培養液濃度與電導度(EC)和pH的關係(山崎。1978)

肥料	當量重 (mg/me)	甜瓜	胡瓜	番茄	草莓 (me/1)	甜椒	萵苣	茼蒿	茄子	鴨兒芹
硝酸鈣 $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	118	7	7	3	2	3	2	4	3	2
硝酸鉀 KNO_3	101	6	6	4	3	6	4	8	7	7
第一磷酸銨 $NH_4H_2PO_4$	38	4	3	2	1.5	2.5	1.5	4	3	5
硫酸鎂 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$	123	3	4	2	1	1.5	1	4	2	2
培養液 EC mmho		2.0	2	1.1	0.75	1.3	0.85	2.0	1.5	1.6
pH		6.45	6.45	6.6	6.8	6.55	6.8	6.45	6.55	6.5
生育期別所需濃度變化 (上記原溶液爲1)		成熟期以後爲0.5	收穫期以後0.70	不變	開花期以後1.7	不變	結球期以後1.5	不變	不變	不變

四、豌豆苗之生產

豌豆苗爲本省最具特色之栽培作物，由播種到收穫只要7～12天就可收穫，以粉碎稻殼或木屑爲介質。以水稻育苗盒爲栽培床。栽培上分爲催芽期和綠化期二階段。其重要步驟列如下：

(一)豌豆種子，先以14目篩子行篩選。

(二)催芽：

1.種子浸於水6～8小時。

2.於水稻育苗盒（60 X 30 X 3 cm）內以機械填入介質粉碎稻殼或木屑爲介質，續以機械播種機將種子播上。

3.每盒播種量爲300～400公克。

4.充分噴溉，使保持高濕，但切勿有積水發生。

5.以立體方式於暗室內20～24℃以促使發芽。

(三)綠化：

1.經發芽之豌豆移於有40% 遮光程度行綠化。

2.以噴灌等方式灌溉。

(四)採收：豆苗依季節天候別於7～12天內長高10～12公分後以採收機剪割採收。

(五)包裝：以塑膠袋或盒包裝後送市場或貯於5℃。

五、今後有得加強事項

(一)果菜種類與其栽培法之建立：

雖然葉菜類生產的生長期短，回收快，但是仍相當費工；包括每日要播種、育苗、定植、採收、包裝及運到超級市場等，加上秋冬季的葉菜價格低，使競爭降低。因此有待開發，適當的果菜類如苦瓜、胡瓜等較長期性作物，以減少勞力的投入。

(二)建立熱帶地區的適當養液濃度和組成：

雖然溫帶地區已建立許多的養液組成，但是由於種類，品種，氣候條件之差異等，仍需建立或修正可維持穩定的培養液濃度和組成。而該工作要人力和設備的投入並需較長時間的調查記錄，以確立其養液管理方法。

(三)加強研究控制水耕根部病害的技術，如Phytophthora，Pythium和Fusarium等。

(四)降低其裝置和設備費用：

包括硬體的設施如栽培床、養液槽、溫室等和軟體設施養液的管理等，以較低的裝置和設備價格，收到同樣有效的結果。

表六　適合數種熱帶蔬菜水耕之養液組成濃度表

作物（品種）	肥料鹽（公克／1000公升）					成分濃度ml/l					電導度
	硝酸鉀	銷酸鈣	硫酸鎂	磷酸-銨	鐵	N	P	K	Ca	Mg	ms/cm
葉萵苣（大究）	455	295	123	57	20	7	1.5	4.5	2.5	1	1.1
蕹菜（竹葉種）	707	354	246	152	20	10	4	7	3	2	1.6
小白菜（台農一號）	505	354	246	114	20	8	3	5	3	2	1.3
春作洋香瓜（雅露斯）	1313	885	492	152	20	13	4	5.5	7.5	4	2.1
夏作洋香瓜（雅露斯）	6414	826	492	152	20	14	4	7	7	4	2.2

1 | 3
2

圖1.蕹菜之養液栽培
圖2.豆苗之設施生產
圖3.温室洋香瓜之水耕

圖4.番茄之岩綿栽培
圖5.荷蘭温室加温輸送管
圖6.桃園縣輔導之蔬菜簡易設施